

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Racionalizace výroby klecí valivých ložisek (Production Rationalization of Snap Rings)

Vedoucí bakalářské práce:
Student:

Doc. Ing. Vladimír VRBA, CSc.
Lubomír Diviš

Ostrava 2010



VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Lubomír Diviš**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace výroby klecí valivých ložisek**
Production Rationalization of Snap Rings

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika problému.
2. Obrábění neželezných kovů.
3. Návrh technologie obrábění vybrané součásti.
4. Diskuze experimentů.
5. Technicko ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:


HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
VASILKO Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.
BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007 Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010


prof. Dr. Ing. Josef Brychta
vedoucí katedry



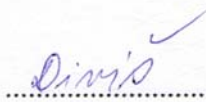

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

**Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 27.5.2010

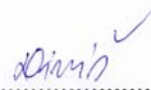

.....
podpisJméno a příjmení autora práce: **Lubomír Diviš**Adresa trvalého pobytu autora práce: **Bohdíkov 72**
789 64 Bohdíkov



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 27.5.2010


.....
podpis studenta



SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....	7
1 ÚVOD.....	8
2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU	9
2.1 O SPOLEČNOSTI ZKL HANUŠOVICE, A.S.	9
2.2 TECHNOLOGIE VÝROBY	10
2.3 VÝROBNÍ PROGRAM.....	10
2.3.1 Ložiskové díly.....	10
2.3.1.1 Ložisková tělíska	10
2.3.1.2 Ložiskové klece	11
2.3.2 Automobilové díly	11
3 OBRÁBĚNÍ NEŽELEZNÝCH KOVŮ	12
3.1 CHARAKTERISTIKA NEŽELEZNÝCH KOVŮ	12
3.2 OBROBITELNOST NEŽELEZNÝCH KOVŮ	12
3.3 HLINÍK A JEHO SLITINY	13
3.3.1 Rozdělení hliníkových slitin	13
3.3.2 Obrobitelnost hliníkových slitin	14
3.4 HOŘČÍK A HOŘČÍKOVÉ SLITINY	15
3.5 TITAN A TITANOVÉ SLITINY	16
3.6 SLITINY NA BÁZI NIKLU	17
3.7 SLITINY NA BÁZI KOBALTU.....	18
3.8 MĚĎ A MĚDĚNÉ SLITINY	19
3.8.1 Mosaz	20
4 NÁVRH TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ VYBRANÉ SOUČÁSTI.....	22
4.1 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ	23
4.1.1 Obráběcí stroje	23
4.1.1.1 Soustruh SU 63A	23
4.1.1.2 Vytváčka VSK 100	25
4.1.2 Použité nástroje	25
4.1.2.1 Soustružnické nože	26
4.1.2.2 Fréza	27
4.1.3 Použitá měřidla.....	27
4.1.4 Technologický postup.....	28
4.2 NOVÁ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ	28
4.2.1 Obráběcí stroj	28
4.2.2 Použité nástroje	30
4.2.3 Použitá měřidla.....	32
4.2.4 Technologický postup.....	32
5 DISKUZE O EXPERIMENTU	33



6	TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	34
6.1	STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE	34
6.1.1	Náklady na nástroje	34
6.1.2	Výrobní náklady.....	36
6.1.3	Konečné náklady na výrobu 1000 kusů mosazných klecí.....	38
6.2	NÁKLADY NOVÁ TECHNOLOGIE.....	39
6.2.1	Náklady na nástroje	39
6.2.2	Výrobní náklady.....	40
6.2.3	Konečné náklady na výrobu 1000 kusů mosazných klecí.....	41
6.3	CELKOVÉ POROVNÁNÍ NÁKLADŮ.....	41
6.4	POROVNÁNÍ FRÉZ NA FRÉZOVÁNÍ KAPES KLECÍ	42
6.4.1	První navrhovaná varianta	42
6.4.2	Druhá navrhovaná varianta.....	43
6.4.3	Třetí navrhovaná varianta	43
7	ZÁVĚR.....	45
	PODĚKOVÁNÍ.....	46



ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DIVIŠ, L. Racionalizace výroby klecí valivých ložisek. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2010, 46 s., Bakalářská práce, vedoucí Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací obrábění mosazných klecí valivých ložisek, s využitím CNC obráběcího centra. V úvodu práce jsou popsány neželezné kovy a jejich slitiny, jejich obrábění, vlastnosti a obrobiteľnosť. Dále je v práci popsán rozbor stávající a nové technologie obrábění mosazných klecí. U stávající a nové technologie jsou popsány stroje, nástroje a použitá měřidla. V diskuzi o experimentu jsou srovnány náklady a časy výše zmiňovaných technologií. Jsou zde také porovnávány různé typy fréz. Závěr práce patří technicko ekonomickému zhodnocení a porovnání výsledků.

ANOTATION OF THESIS

DIVIŠ, L. Production Rationalization of Snap Rings. Ostrava: Department of Cutting and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2010, 46 p., Thesis, head: Vrba, V.

This thesis deals with rationalization of machining brass cage bearings, using CNC machines. The introduction describes the non-ferrous metals and their alloys, their machining, properties and machinability. The thesis described an analysis existing and new technology machining brass cages. For existing and new technologies are described machines, tools and gauges. The discussion of the experiment compares the costs and times for the above-mentioned technologies. There is also compared different types of cutters. Conclusion the work includes technical and economic evaluation and comparison of results.



Seznam použitého značení

Značení	Význam	Jednotka
CNC	Computer numerical kontrol- počítačový řídicí systém	
HSS	Rychlořezná ocel	
SK	Slinutý karbid	
TK	Tvrdokov	
PVD	Physical Vapor Deposition	
R _m	Mez pevnosti	[MPa]
A	Tažnost	[%]
HB	Tvrdost podle Brinella	
h	Výška nože	[mm]
b	Šířka nože	[mm]
L	Délka nože	[mm]
n	Odsazení	[mm]
VBD	Vyměnitelná břitová destička	



1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá porovnáním stávající a nové technologie obrábění mosazných klecí valivých ložisek. Stávající technologie, prováděná na starých konvenčních strojích, kdy se proces obrábění provádí na dvě operace, a to soustružením a frézováním, pomocí nástrojů z HSS a nožů s pájenou destičkou ze SK. Nová technologie obrábění se provádí na 5-osém CNC obráběcím centru od Japonské firmy OKUMA, na jedno upnutí pomocí nástrojů ze slinutých karbidů

Ložiska jsou strojní dílce, které jsou využívány ve strojním, zemědělském, automobilovém, elektrotechnickém průmyslu v mnoha strojích a přístrojích s otáčivými součástmi. Klece ve valivých ložiskách slouží pro vedení po drahách a správnou polohu valivého tělíska.

Produktivita obrábění a vhodný technologický postup jsou důležitá kritéria pro výrobu jakýchkoliv výrobků. Je nutné zvolit správné parametry a postupy pro hospodárnou a efektivní výrobu, např. vlastnosti obráběcího stroje, dobrý technický stav výrobního zařízení, vhodný materiál, přesnost, atd. Důležitou podmínkou výroby jsou minimální celkové náklady na zhotovení výrobků v co nejvyšší kvalitě.

Výrobou mosazných klecí valivých ložisek se zabývá firma s dlouholetou strojírenskou tradicí ZKL Hanušovice, a.s.

2 Obecná charakteristika problému

Tato bakalářská práce vznikla na základě požadavku pro firmu ZKL Hanušovice, a.s. Hlavním cílem bakalářské práce bylo zefektivnit, zlevnit a urychlit výrobu zadané součásti. A to nákupem nového obráběcího centra a zvolením nových nástrojových materiálů. Zadaná součást je mosazná klec valivého ložiska, která slouží pro vedení a správnou polohu valivých tělísek v ložiskách.



Obrázek 1: Mosazná klec

2.1 O společnosti ZKL Hanušovice, a.s.

Původní tovární budovy v Hanušovicích byly roku 1866 postaveny a dále používány jako přádelna lnu. Strojírenské výrobě se zde věnují od roku 1957, kdy se závod sloučil se společností Karosa Vysoké Mýto. O rok později se firma stala pobočným závodem výrobce traktorů a ložisek – Zetor Brno a byla zde spuštěna výroba traktorových dílů. Výrobní program reprezentovaly diskové brzdy, tlumiče výfuků, závěsy pro jednonápravový návěs a široký sortiment vzduchových a hydraulických trubek. Po roce 1990, když nastal pokles výroby traktorů, reagovala firma zásadními změnami ve výrobním programu. V roce 1995 navázala spolupráci s automobilovým koncernem VW na dodávky přesně tvarovaných trubek. Po připojení ke koncernu ZKL, a.s. byla do Hanušovic částečně převedena výroba soudečků pro soudečková ložiska vyráběná v ZKL Brno, a. s.

[1]



2.2 Technologie výroby

Ve společnosti ZKL Hanušovice, a.s. je těžiště výroby soustředěno na díly určené pro automobilní průmysl. Jedná se především o kovové přesně ohýbané trubky, které se používají v chladicím, topném a olejovém systému automobilu. Se zvětšováním výkonů motorů jde ruku v ruce i proces využívání i nepatrných prostorů na motoru, což má za následek potřebu výroby chladicích trubek mnohdy složitě ohýbaných. Dalšími požadavky na výrobky jsou, kromě již zmiňované vysoké přesnosti, povrchová ochrana s odpovídající odolností okolních prostředí a samozřejmě dnes již neodmyslitelné minimální výrobní náklady. [1]

Řešení výroby určité konkrétní trubky probíhá přísně střeženým procesem řízení projektů. V konstrukční fázi disponuje firma vlastním konstrukčním oddělením, které ve spolupráci s konstrukcí automobilek řeší případné technologické změny, a je také využito na konstrukci vlastních nástrojů, přípravků (svařovacích, tlakovacích) a náradí (lisovací, měrky zástaveb či ohnutých tvarů trubek). [1]

Následující výrobní etapa je složena z těchto částí:

- etapa výroby prototypů, prvních vzorků, realizovaná vlastní prototypovou dílnou
- etapa výroby standardních sériových výrobků, tj. výrobků, které se vyrábí za podmínek běžné sériové výroby. [1]

2.3 Výrobní program

2.3.1 Ložiskové díly

Firma ZKL Hanušovice, a.s. zajišťuje pro ZKL Brno, a.s. výrobu komponent pro axiální a radiální soudečková ložiska. [1]

2.3.1.1 Ložisková tělíska

Soudečků o průměru 13,5 – 51 mm, tzv. měkké operace z ložiskové oceli pro radiální a axiální soudečková ložiska jednořadá i dvouřadá:

- Lisované soudečky v zápustce za studena, opracováváné broušením a soustružením v průměrech 13,5 – 23 mm.
- Soudečky o průměru 24 - 51 mm soustružené na vícevřetenových automatech. [1]

2.3.1.2 Ložiskové klece

Výroba lisovaných plechových ocelových a mosazných klecí pro radiální a axiální soudečková ložiska. [1]



Obrázek 2: *Ocelové klece* [1]



Obrázek 3: *Ložisková tělíska* [1]

2.3.2 Automobilové díly

Společnost vyrábí trubky topení, chlazení, odvodušňování a pro palivové systémy motorů osobních automobilů. Společnost zpracovává ocelové trubky o průměrech od 8 do 42 mm, převážně z materiálů EN 10305 a hliníkových slitin. Jako finální protikoroziční povrchová úprava je používáno galvanické nanesení vrstvy Zn, případně ZnNi a u některých typů výrobků ještě kataforézní lak KTL. [1]



Obrázek 4: *Ocelové trubky* [1]



Obrázek 5: *Pájení spojů* [1]



3 Obrábění neželezných kovů

Obrábění hliníku, jeho slitin a neželezných kovů všeobecně nástroji s břitzy ze slinutých karbidů vyžaduje zcela odlišnou koncepci a geometrií břitů použitých obráběcích nástrojů v porovnání s nástroji na obrábění oceli nebo slitiny. Z těchto důvodů je nutno pro racionální a efektivní obrábění neželezných kovů vždy vytvořit optimální pracovní podmínky zejména z hlediska použitého řezného materiálu, tvarů a typů použitých obráběcích nástrojů a jejich geometrie břitů.

3.1 Charakteristika neželezných kovů

Pod pojmem neželezné kovy se v technické praxi obvykle rozumí všechny kovy a slitiny, u nichž je základním prvkem jiný kov, než železo. Protože v periodické soustavě je celkem 55 kovových prvků, včetně polovodičů, je zřejmé, že se jedná o velmi širokou různorodou kategorii materiálů. [6]

Význam jednotlivých kovů nelze hodnotit jenom objemem jejich výroby nebo cenou, ale také specifickými vlastnostmi, kterými disponují a které často nelze jinými prostředky dosáhnout. Pro aplikace ve strojírenství se používají čisté kovy jen velmi zřídka, neboť mívají špatné mechanické i technologické vlastnosti. Téměř vždy se jedná o odlitky z dvou a více prvků. Slitiny mají lepší mechanické a technologické vlastnosti než čisté kovy a vhodnou kombinací prvků lze získat slitiny s velmi rozdílnými vlastnostmi. Některé z nich mají naprosto jedinečné vlastnosti a objem jejich výroby je proto jen velmi malý. Technický význam má však pouze malá část kovových prvků. [6]

3.2 Obrobitelnost neželezných kovů

Souhrnný vliv fyzikálních a mechanických vlastností, struktury i chemického složení kovů a slitin na průběh a výsledky třískového opracování označujeme pojmem *obrobitelnost*. Proces obrábění lze posuzovat z hlediska tvoření třísky, otěru nástroje a jakosti povrchu obráběného výrobku. [7]



Problémům obrobitelnosti byla věnována řada teoretických a experimentálních prací, ale celá problematika se dosud nedořešila komplexně. Většina prvních prací se zaměřila na oceli a slitiny vzhledem k požadavkům hromadné a sériové výroby ve strojírenství. Neželezné kovy a slitiny nebylo možno srovnávat s oceli, protože jejich obrábění má jiné podmínky. [7]

3.3 Hliník a jeho slitiny

Hliník je v přírodě jedním z nejrozšířenějších kovů. V zemské kůře je obsaženo asi 8% hliníku, vázaného ve sloučeninách jako jsou bauxit, kryolit, korund, spinely, kaolin atd. [6]

3.3.1 Rozdělení hliníkových slitin

Hliníkové materiály se rozdělují na tvářecí a slévárenské slitiny. U tvářecích slitin stojí v popředí plastická tvárnost, u slévárenských slitin pak zabíhavost. Další dělení hliníku a jeho slitin lze provést podle utvrzování legováním. Potom rozlišujeme vytvrzovatelné (zpevnění vytvářením směsných krystalů) a nevytvrzovatelné, resp. přirozeně tvrdé (zpevnění vylučováním dříve rozpouštěných součástí) hliníkové slitiny. [2]

Nejdůležitějšími hlavními legujícími prvky pro hliník jsou křemík, hořčík, zinek, měď a mangan. [2]

Vytvrzovatelné tvářecí slitiny jsou preferovány v případech, kdy se jejich příznivý poměr pevnosti a hustoty, resp. jejich vysoká odolnost proti korozi hodí pro různé aplikace ve strojírenství a automobilovém či leteckém průmyslu. [2]

U hliníkových slévárenských slitin jsou hodnoty pevnosti až na druhém místě za slévárenskými vlastnostmi. Proto se mohou slévárenské slitiny výrazně lišit svým složením od tvářecích. [2]

Technicky důležité jsou především slitiny Al a Si. Eutektické slitiny Al-Si (obsah Si kolem 12%) mají dobrou pevnost a vynikající slévatelnost. Jsou používány především pro



tenkostěnné, hermetické a vodotěsné odlitky ve strojírenství a výrobě přístrojů. Jejich slévárenské vlastnosti se zhoršují s klesajícím obsahem Si. [2]

Rozvoj hliníkových pístových slitin pro spalovací motory vedl v ojedinělých případech k hypereutektickým složením ($\text{Si} > 12\%$). S rostoucím obsahem Si se tedy dosahuje poklesu součinitele roztažnosti hliníkové slitiny. [2]

3.3.2 Obrobitelnost hliníkových slitin

Hliník je obecně považován za snadno obrobitelný. Ve srovnání s ocelí o stejné pevnosti jsou potřebné řezné síly podstatně příznivější (cca 30% hodnot parametrů oceli). U hliníku je kvůli poměrně velkému potenciálnímu objemu třísek důležitým kritériem tvar třísek. Ten závisí na materiálu, podmínkách obrábění a zčásti také na geometrii nástroje. Životnost se při obrábění hliníku někdy pohybuje ve velkém rozsahu. Rozhodující veličinou, pokud jde o opotřebení, je opotřebení hřbetních ploch. Při obrábění hliníku nedochází k vymílání. [2]

U hliníkových tvářecích materiálů nezpůsobuje opotřebení žádné problémy. Dobře se obrábějí s nástrojem z HSS a TK. I při relativně vysokém namáhání nástroje je jeho životnost 1 až 2 směny. Čistý hliník a vytvrzovatelné tvářecí materiály v měkkém stavu mají obzvlášť při nízkých řezných rychlostech často sklon tvořit jalové třísky nebo nárůstky. Kvůli následné změně geometrie ostří a růstu teploty v důsledku tření je často nutné počítat se špatným povrchem. Nápravu zaručují vyšší řezné rychlosti, zvětšení úhlu čela (na 40°) a případně použití chladicí a mazací kapaliny. [2]

Hliníkové slévárenské slitiny bez křemíku jsou z hlediska obrobitelnosti hodnoceny přibližně stejně jako odpovídající tvářecí materiály. Vytvrzovatelné a hypoeutektické slévárenské slitiny Al a Si (obsah křemíku max. 12%) vykazují s rostoucím podílem křemíku horší vlastnosti obrábění. Tvrdé a křehké inkluze jako Si nebo Al_2O_3 sice zlepšují lámavost třísek, ale zároveň zvyšují opotřebení nástrojů. Jako řezné materiály pro obrábění se dobře hodí tvrdokovy. Vybírat se však musí v závislosti na řezných parametrech a metodě obrábění (přerušovaný nebo hladký řez). [2]



Hypereutektické slévárenské slitiny Al-Si (obsah Si nad 12%) se dají dobře obrábět, pokud jde o tvar třísek a dosažitelnou jakost povrchů s tvrdokovy (TK) a polykrystalickými diamantovými nástroji (PKD). Hrubé částčky křemíku v poměrně tvrdé základní struktuře však velmi výrazně zkracují životnost oproti hypoeutektickým slévárenským slitinám. [2]

Středová a okrajová zóna odlitých obrobků vykazuje občas velmi rozdílné obráběcí vlastnosti. Pouze u eutetických slitin Al-Si nebyl tento rozdíl zjištěn. [2]

3.4 Hořčík a hořčíkové slitiny

Hořčík a jeho slitiny mají nejmenší hustotu ze všech kovových materiálů při zároveň průměrných parametrech pevnosti. [2]

Hořčík je výborně obrobiteľný. Vysoká chemická slučivost však vyžaduje naprosto speciální ochranná opatření proti samovznícení. Vysoká afinita ke kyslíku vyžaduje navzdory ochranné vrstvě oxidů ještě preventivní opatření proti korozi. Slabiny se dají do značné míry eliminovat legováním hliníkem a zinkem. Protože mangan zlepšuje odolnost proti korozi, obsahují nejdůležitější hořčíkové slitiny tyto tři přísady. [2]

Hořčík a jeho slitiny se ve srovnání s ostatními kovy vyznačují především nízkými řeznými silami. Je však pozorováno silné adhezivní působení mezi většinou řezných materiálů a zpracovávaným materiálem, srovnatelné s obráběním nízkolegovaných hliníkových slitin. Při dodržování bezpečnostních opatření proti požáru je možné obrábět hořčík za sucha s nástroji z PDK s vysokými řeznými rychlostmi ($v_c > 2000$ m/min). Nebezpečí při tom hrozí obzvláště při obrábění s malými řeznými průřezy jemných, lehce zápalných odlamovacích třísek, znečišťujících pracovní prostor stroje. Nepovlakované tvrdokovy a tvrdokovy povlakované TiN se smí při řezných rychlostech $v_c > 600$ m/min používat jen při použití chladících a mazacích kapalin. Kromě toho je nutno vybírat nástroje s dostatečně velkým úhlem hřbetu. [2]



3.5 Titan a titanové slitiny

Titan spojuje vysokou pevnost s nízkou hustotou a vynikající odolností proti korozi. Této kombinaci vlastností vděčí titan se svými slitinami navzdory jejich vysoké ceně rozšířenému používání ve speciálních odvětvích, jako jsou např. letectví a astronautika, proudové a vysoce výkonné motory či lékařská technika. [2]

Legovací přísady hliníku, cínu, zirkonu nebo kyslíku vylepšují hexagonální strukturu (α -slitina – mírně tvárnější za studena, pro použití za vysokých teplot, např. v proudových motorech); přísady vanadu, chromu, molybdenu a železa zase vylepšují krychlovou prostorově centrovanou strukturu (β -slitina – lepší tvárnost za studena, vysoká pevnost, ale při větší hustotě). Kompromisu mezi dvěma strukturami se dosahuje u dvoufázových ($\alpha+\beta$) slitin (příklad: TiAl_6V_4), které se vyznačují mimořádně příznivým poměrem pevnosti a hustoty. Tyto slitiny dosahují ve vytvrzeném stavu nejlepších vlastností pevnosti. [2]

Na rozdíl od jiných lehkých kovů zaujímá titan zvláštní postavení z hlediska obrobitelnosti, protože kvůli svým mechanickým a fyzikálním vlastnostem (např. nízká tepelná vodivost, nízký modul pružnosti) patří k těžce obrobitelným materiálům. Vznikající teplo je jen v malé míře odváděno třískami a třísky mají sklon lepit se na ostří. Nástroje jsou vystaveny periodickému střídavému zatížení způsobovanému vytvářejícími se lamelovými třískami a přerušovaným tvořením třísek. Tak je při delším obrábění počítat s únavovými procesy (vylamování, opotřebovávání hřbetních ploch) na ostří nástroje. Nelze také zapomínat na chladicí a mazací kapaliny. [2]

Slučivost titanu např. s kyslíkem může vést k vzplanutí, resp. vznícení titanového prachu. [2]

Čistý titan a α -slitiny se dají nejlépe a β - slitiny nejhůř obrábět. Především vývoj řezných materiálů zde v posledních letech vedl k výrazné změně použitelných řezných rychlostí. Pro další zvýšení rozsahu řezných rychlostí se kromě nepovlakovaných tvrdokovů typu K a P používají také povlakované tvrdokovy K (např. K10, povlakovaný TiCTiN). Trvanlivost nástrojů závisí podstatnou měrou na řezné rychlosti a s ní souvisejícím opotřebováním hřbetních ploch. [2]



Při obrábění titanu musíte věnovat pozornost následujícím bodům:

- Ostré břity s dostatečně velkým úhlem hřbetu
- Kladný úhel čela u nástrojů z HSS, spíše záporný úhel čela u fréz z TK
- Optimalizace posuvu
- Minimalizace nebezpečí vibrací, zajištění stabilních podmínek a spolehlivé upnutí obrobků
- Preferování sousledného frézování
- Používání chladicí a mazací kapaliny v závislosti na metodě obrábění
- Regulace teploty obrábění omezením otěru

[2]

3.6 Slitiny na bázi niklu

Slitina NiCr20 je základem pro různé tepelné odolné slitiny. Přidáním chromu se zvyšuje teplota tavení a zlepšuje odolnost proti tvorbě okují.

[2]

Žárovzdorné slitiny na této bázi obsahuje přísady titanu a hliníku. Díky Ti a Al jsou tyto slitiny vytvrzovatelné. Podobné slitiny umožňují kvůli přestárnutí materiálu jen omezenou dobu používání ve vysokých teplotách (je nutné speciální monitorování). Tepelná odolnost se dá zvýšit přidáním kobaltu. Dalšími legovacími přísadami jsou molybden a wolfram.

[2]

Do niklových slitin odolných proti korozi se přidávají přísady chromu, molybdenu a mědi. Tyto slitiny předčí v chemické odolnosti i odolnost proti korozi austenitických ocelí. Niklové slitiny odolné proti korozi se zpracovávají téměř výhradně ve výrobě přístrojů pro chemický průmysl.

[2]

Principálně patří slitiny na bázi niklu k těžko obrobitelným materiálům. U vytvrzovatelných slitin se musí obrábění na čisto provádět ve vytvrzeném stavu.

[2]

Slévárenské slitiny jsou kvůli své hrubě zrnité struktuře a nízké mezní pevnosti značně těžko obrobitelné. Pokud jde o jakost povrchu, způsobují zde vytržené částčky kovu a mezikrystalové trhliny často potíže.

[2]



Slitiny na bázi niklu vyžadují kvůli vysokým teplotám řezu obrábění optimalizovanými nástroji s ostrými hranami, většinou z tvrdokovu nebo keramiky. Vzhledem k tomu, že tyto slitiny při třískovém obrábění silně mažou a kvůli poměrně nízkým možným řezným rychlostem mají sklon k tvorbě nárůstků, musí nástroje disponovat relativně velkým úhlem čela γ (cca 5° až 15°) a dostatečným úhlem hřbetu α (6° až 10°). [2]

3.7 Slitiny na bázi kobaltu

Slitiny na bázi kobaltu se pro svou dobrou tepelnou odolnost a odolnost proti tvorbě okují používají jako konstrukční materiály cca do 950°C . Kvůli omezeným zdrojům kobaltu směřuje trend k používání slitin na bázi niklu, neobsahujících či obsahujících kobalt (jako např. Nivnic), např. pro výrobu hnacích agregátů. [2]

Slitiny na bázi kobaltu (stelity) se dnes používají v mnoha průmyslových odvětvích k povlakování povrchů vysoce namáhaných součástek (např. u kovacích zápustek). Nejdůležitějšími legujícími prvky jsou kromě železa a až 1% uhlíku jiné vysokotavitelné kovy jako je chrom, nikl, wolfram, tantal a niob. [2]

Srovnávací údaje o obrobitelnosti slitin na bázi kobaltu jsou k dispozici pouze v omezené míře. Obecně však platí, že tyto slitiny musí být pokud možno třískově obráběny ve vytvrzeném stavu, resp. nevytvrzovatelné slitiny ve stavu taženém za studena. Jako řezné materiály se většinou používají tvrdokovy typu K. Pro obrábění stellitu získává kvůli možným vyšším řezným rychlostem na významu používání CBN. Soustružení je zde při stejné životnosti možné s třikrát vyššími řeznými rychlostmi. Při frézování je kvůli uklidnění chodu nutné pracovat se šikmозubými nástroji. Při vrtání je faseta vrtáku kvůli vysokému zatížení nástroje v oblasti příčného ostří jen poloviční než u běžných vrtáků. Je třeba provádět speciální broušení (např. křížové). Obrobitelnost těchto slitin mimořádně podporují chladicí a mazací oleje. Je nutné eliminovat tření kvůli zpevnění za studena, které je s ním spojeno. [2]



3.8 Měď a měděné slitiny

Pevnost mědi se dá značně zvýšit přidáním malého množství legovacích přísad. To se provádí vytvářením směsných krystalů (stříbro, arzen) nebo vytvrzováním (chrom, zirkon, kadmium, železo nebo fosfor). [2]

Více než 37% zinku ve složení slitin mědi a zinku (mosaz) způsobuje pokles houževnatosti slitiny při zároveň rostoucí tvrdosti. To je výhodné pro třískové obrábění, protože se vytvářejí kratší třísky. [2]

Alpaky jsou slitiny mědi a zinku, v nichž byla část mědi nahrazena niklem. Přísada niklu způsobuje bílou barvu, podobnou stříbru. Technické alpakové slitiny obsahují podíl Ni 10 – 25%. Alpakové slitiny obsahují olovo, které vykazují lepší vlastnosti pevnosti než mosazi obsahující olovo, se používají v jemné mechanice a pro výrobu rýsovacích pomůcek. [2]

Klasické bronzы jsou slitiny mědi a cínu s obsahem cínu maximálně 8,5%. U slévárenských slitin se dosahuje zvýšení pevnosti přidáním cínu až do 14%. U odlitků, především ve strojírenství, je nezbytné eliminovat křehkou strukturu s jejími nepříznivými účinky na houževnatost materiálu tepelným zpracováním. [2]

Jako červený bronz se označují bronzы, které kromě cínu obsahují navíc ještě zinek a olovo. Používají se pro korozně namáhané součástky strojů a přístroje či pánve ložisek. [2]

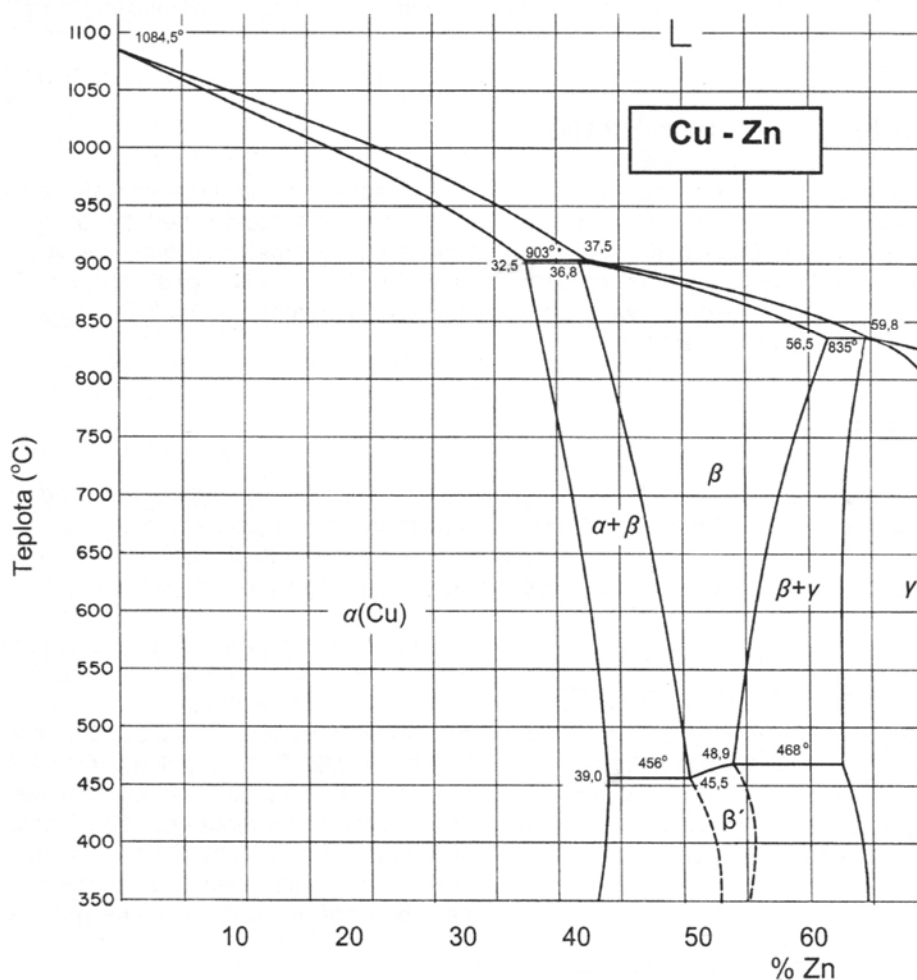
Jako speciální bronzы se označují slitiny mědi a hliníku, manganu nebo křemíku, popřípadě kombinace těchto prvků. V současnosti se příhodně označují jako měděné slitiny. [2]

Čistá měď je kvůli své velké houževnatosti a vysoké tvářitelnosti špatně obrobitelná. Slitiny s prvky Zn, Sn, Al a Si mají většinou příznivý tvar třísky. Obrobitelnost slitin s prvky Pb, Se a Te je srovnatelná s automatovou ocelí. [2]

3.8.1 Mosaz

Mosazi jsou důležitou materiálovou skupinou na bázi mědi a zinku. Zinek tvoří s mědí substituční tuhý roztok $\alpha(\text{Cu})$, s maximální rozpustností 32,5% Zn při teplotě 903°C – obr.6. S klesající teplotou se zvyšuje rozpustnost zinku na maximální hodnotu 39%Zn při teplotě 456°C. Změna rozpustnosti při dalším snižování teploty se na struktuře již neprojeví. Fáze α má kubickou plošně centrovanou mřížku a tedy dobré plastické vlastnosti. Ve slitinách s obsahem více než 38% Zn se objevuje fáze β s kubicko prostorově centrovanou mřížkou. Tato fáze tvoří neuspořádaný tuhý roztok na bázi elektronové sloučeniny CuZn a v teplotním rozmezí 468-456°C se transformuje na pravidelně uspořádanou fázi β' . Zatímco vysokoteplotní fáze β je houževnatá a umožňuje tváření za tepla, je fáze β' křehká a způsobuje snížení houževnatosti. Slitiny, tvořené pouze fází β' jsou technicky neupotřebitelné. Proto je obsah mědi v mosazích obvykle vyšší, než asi 55%.

[6]



Obrázek 6: Rovnovážný diagram Cu- Zn [6]



Slitiny, které obsahují více, než asi 80% Cu (tedy slitiny s nízkým Zn) se nazývají tombak.

Slévárenské mosazi kromě zinku obsahují řadu přísad a nečistot, které ovlivňují vlastnosti slitiny a mění také tvar (rozsah) oblasti tuhého roztoku α -fáze. Podle typické barvy se slitiny na bázi prvků CuZn (SnPb) nazývají jako „žlutá mosaz“, slitiny, obsahující vysoký obsah manganu (10-20%), jako „bílá mosaz“.

Vlastnosti mosazí:

Mechanické vlastnosti mosazí jsou střední. Vzhledem k velké variabilitě typů a složení je i spektrum vlastností velmi široké a dále uvedené hodnoty je nutno považovat pouze za orientační. [6]

$$\begin{aligned} R_m &= 200 - 300 \text{ MPa (manganová mosaz podstatně více – } R_m = 500-750 \text{ MPa)} \\ A &= 10 - 20\% \\ HB &= 70 - 100 \text{ (legované mosazi až 200)} \end{aligned} \quad [6]$$

Mechanické vlastnosti citlivě závisí na hodnotě zinkového ekvivalentu, a to zejména v úzkém rozmezí asi 34 – 45% Zn_{ekv} . V tomto intervalu:

- klesá podíl α -fáze ze 100% na 0%
 - vzrůstá pevnost v tahu přibližně na dvojnásobek, a pak ale pevnost velmi rychle klesá
 - tvrdost se zvyšuje asi na dvojnásobek
 - tažnost klesá méně než na polovinu
- [6]

Slévárenské vlastnosti mosazí jsou díky velmi úzkému pásmu tuhnutí výborné. Mají dobrou zabíhavost, malý sklon ke vzniku ředin. Určitou nevýhodou je poměrně značné lineární smrštění asi 1,5%. [6]

Použití mosazí:

Typickou oblastí použití slévárenských mosazí je výroba vodovodních armatur, součástí čerpadel, pouzder, součástí, pracujících v prostředí solných roztoků a výroba dalších strojních součástek. [6]

Vliv některých důležitých prvků v mosazích:

Železo – zjemňuje velikost zrna, zpevňuje matici

Nikl – zvyšuje houževnatost a odolnost proti korozi

Mangan – zvyšuje mechanické vlastnosti a odolnost proti korozi

Cín – zvyšuje zabíhavost taveniny, pevnost slitiny, zlepšuje chemickou odolnost (zvláště proti mořské soli)

Hliník – zvyšuje odolnost proti korozi armaturních odlitků a zabraňuje zatuhnutí pohyblivých dílů

Olovo – snižuje houževnatost, ale zlepšuje obrobitelnost [6]

4 Návrh technologie obrábění vybrané součásti

Obráběná součást je mosazná klec (výkres viz. příloha č. 1), která se ve společnosti ZKL Hanušovice, a.s. vyrábí ze dvou typů polotovarů. Prvním typem polotovaru je výkovek s označením klece M (obr. 7), který dodává firma Kovolit Modřice, a.s. Druhým typem polotovaru je prstencový odlitek označen jako EMH (obr. 8). Materiál u obou druhů polotovarů je Cu58Al. Výhodou výkovku oproti odlitku je, že díky operaci kování došlo k jeho zušlechtnění, ale bohužel taktéž přejímá díky svojí tvarové paměti geometrické neshody a vady zápusťek.



Obrázek 7: Mosazný výkovek M



Obrázek 8: Mosazný odlitek EMH



4.1 Stávající technologie obrábění

Stávající technologie obrábění mosazných klecí se provádí na klasických konvenčních strojích řádově z 50. let. Na strojích byla provedena částečná generální oprava. Stroje se vyznačují svojí tuhostí jako vhodné, ale bohužel stárí a opotřebení suportů, pasuje tyto stroje do nevhodných, pro udržení výkresových tolerancí.

4.1.1 Obráběcí stroje

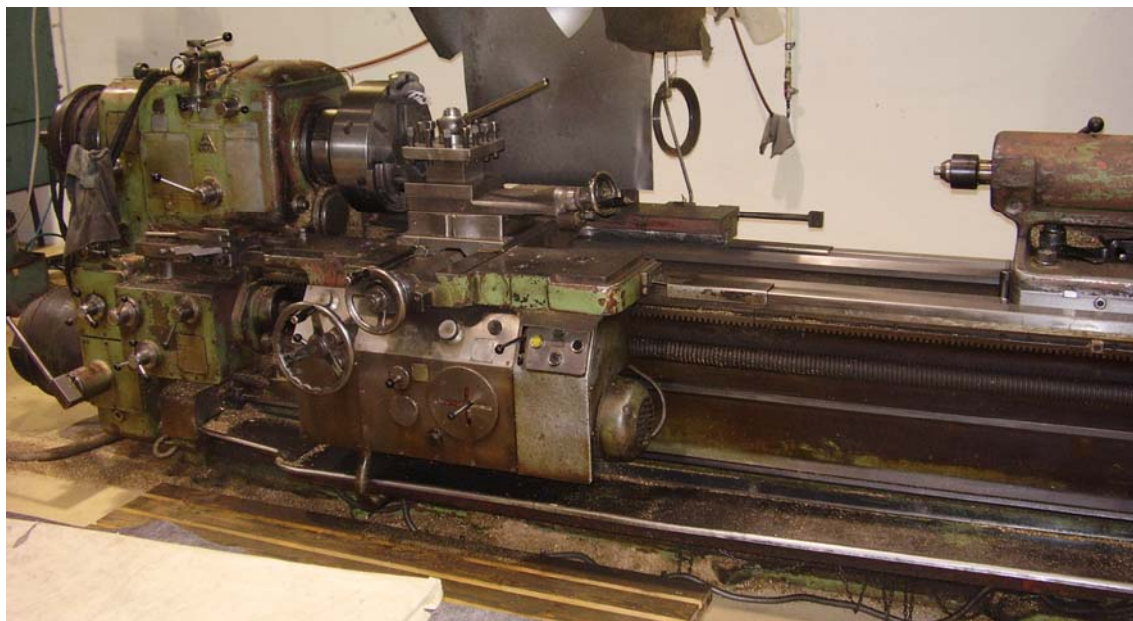
Obráběcí stroj představuje základní prvek obráběcího systému (stroj-obrobek-nástroj), ve kterém se realizuje vlastní obráběcí proces. Technologické vlastnosti obráběcího stroje významně ovlivňují výsledný efekt obráběcího procesu jak z hlediska jeho hospodárnosti, tak i z hlediska parametrů obrobene plochy. [5]

Soustružnické operace se provádějí na hrotovém soustruhu SU 63A (obr. 10). Výroba kapes na vyvrtávačce VSK 100 (obr. 13). Vyvrtáváním kapes vznikají na okrajích ostřiny a otřepy. Tyto ostřiny a otřepy se odstraňují ručním pilníkem.

4.1.1.1 Soustruh SU 63A

Jedná se o univerzální hrotový soustruh, který je určený pro hrubovací a dokončovací soustružnické práce, pro řezání závitů a vyvrtávání na přírubových a hřídelových dílcích. Je vhodný pro kusovou a malosériovou výrobu. Univerzálnost stroje lze rozšířit velkým rozsahem zvláštního příslušenství.

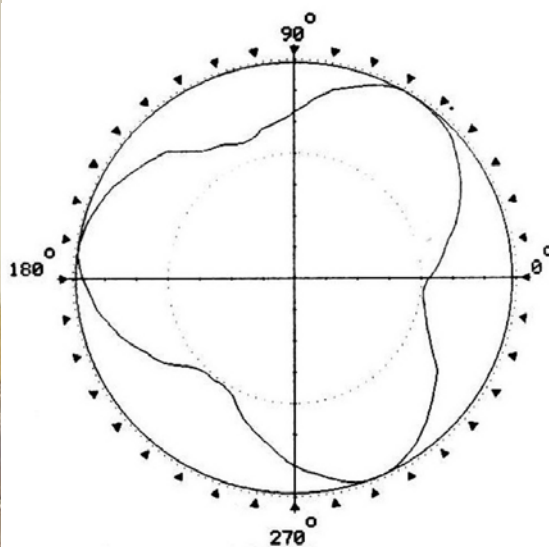
Soustruh je osazen pneumatickým tříbodovým sklíčidlem, do kterého jsou usazeny speciální čelisti (obr. 11). Tyto čelisti se vyznačují schopností upnout obrobek po celém jeho obvodu. Díky tomu je lépe rozložen upínací tlak a nedochází k deformaci kruhového tvaru na tvar trojúhelníkový. Při použití klasických bodových čelistí docházelo ke zmíněnému deformovanému tvaru (viz obr. 12).



Obr. 10: Soustruh SU 63A



Obr. 11: Upínání pomocí speciálních čelistí



Obr. 12: Trojúhelníková deformace

TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE:

Oběžný průměr nad ložem:	630 mm
Oběžný průměr nad suportem:	375 mm
Vzdálenost mezi hroty:	2000 mm
Vrtání vřetena:	60 mm
Největší délka obráběné součásti:	2000 mm
Největší průměr obráběné součásti:	630 mm

4.1.1.2 Vyvrtávačka VSK 100

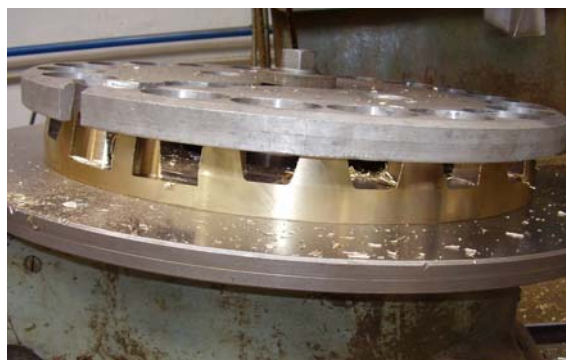
Stroj byl vyroben na zakázku firmou Agrozet Zetor Brno – strojírna. Vyvrtávačka se vyznačuje svojí tuhostí, a to díky svému masivnímu rámu. Mosazná klec je upnuta ke stolu za pomoci speciálního upínače (obr. 14 a 15). Upínač je posazen na mechanickou přímou děličku. Obrobek je uložen na prstenci vnitřního průměru a je přitlačen přírubou pomocí středícího šroubu. Na přírubě jsou vyhotoveny otvory, které kopírují budoucí tvar vyvrtaných kapes.



Obrázek 13: Vyvrtávačka VSK 100



Obrázek 14: Horní pohled na upínač



Obr. 15: Boční pohled na speciální upínač

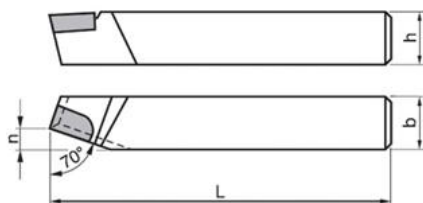
4.1.2 Použité nástroje

Na soustružnické operace se používají soustružnické nože s pájenou destičkou ze SK. Jsou upnuty v klasické nožové hlavě. Pro výrobu kapes mosazné klece se používá stopková čelní fréz, která je z HSS se speciální geometrií (tvar frézy odpovídá požadovanému tvaru kapsy klece s nulovými úhly na čele). Upínání frézy do vřetene stroje je za pomoci morse kuželu č. 5. Sražení hran a ořepu po vyvrtání kapes klece je prováděno ruční apretací za pomoci pilníku.

4.1.2.1 Soustružnické nože

- Nůž ubírací přímý pravý ČSN 22 3710 20x20 S30

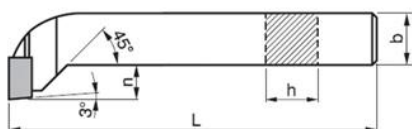
[3]



Typ SK destičky:	S30
h [mm]	20
b [mm]	20
L [mm]	125
n [mm]	8

- Nůž ubírací čelní pravý ČSN 22 3714 20x20 S30

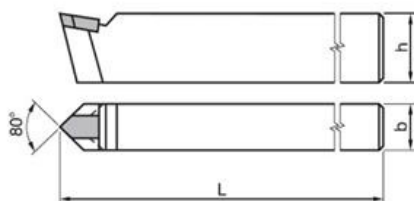
[3]



Typ SK destičky:	S30
h [mm]	20
b [mm]	20
L [mm]	125
n [mm]	8

- Nůž ubírací hladicí ČSN 22 3720 20x12 S30

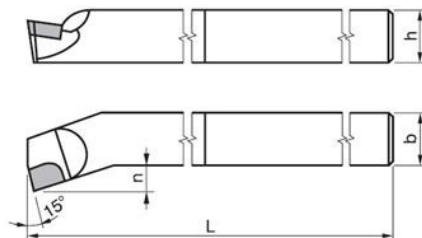
[3]



Typ SK destičky:	S20
h [mm]	20
b [mm]	12
L [mm]	125

- Nůž vnitřní ubírací ČSN 22 3724 20x20 S30

[3]



Typ SK destičky:	S30
h [mm]	20
b [mm]	20
L [mm]	250
n [mm]	8

4.1.2.2 Fréza

Monolitní nástroj z HSS.



Obrázek 16: *Monolitní fréza*

4.1.3 Použitá měřidla

- posuvné měřidlo 150 (300)
- úhloměr – úhel kapsy
- válcový kalibr – tvar kapsy (obr. 16 a)
- kuželový kalibr – tvar kapsy
- třmenový kalibr – měření kapsy (obr. 16 b)
- speciální deska s úchylkoměrem – roztečná kružnice (obr. 16 c)



a)



b)



c)

Obr. 17: *Použitá měřidla*

a – válcový kalibr; b – třmenový kalibr; c – speciální deska s úchylkoměrem



4.1.4 Technologický postup

<u>Soustružnické operace:</u>	soustružení čela, otvor hrubovat8,5 min
	soustružení povrchu na hotovo6 min
	soustružení otvoru na hotovo + vybrání.....13 min
	<u>soustružení vybrání.....3 min</u>
	strojní čas pro soustružení celkem.....30,5 min
<u>Vyvrtávací operace:</u>	zhloubit kapsy hotově.....28,2 min
	<u>Zahloubit kapsy hotově (druhá strana).....28,2 min</u>
	Strojní čas pro vyvrtávání celkem.....56,4 min
<u>Apertura:</u>	odstranění ostřin celkový strojní čas.....40 min

Celkový strojní čas potřebný na výrobu jedné klece činí 126,9 min.

4.2 Nová technologie obrábění

Nová technologie obrábění je založena na sloučení obráběcích operací z klasických konvenčních strojů na jeden stroj. Pro tyto účely byl do závodu ZKL Hanušovice, a.s. zakoupen multifunkční obráběcí centrum MULTUS B400-W (Obr. 17) od Japonské firmy OKUMA. Tento stroj se vyznačuje 5 osy plně synchronizovanými. Toto umožňuje takzvané vyrobení mosazné klece valivého ložiska na jedno upnutí. Kdy dojde k nasazení polotovaru a spuštění obráběcího programu tlačítkem start. Zavřou se pracovní dveře a po otevření pracovních dveří na konci programu je součást hotová.

4.2.1 Obráběcí stroj

Multifunkční obráběcí centrum je vybaveno 5 osy, které jsou plně synchronizovány a umožňují velmi přesnou výrobu tvarově složitých obrobků. Díky Y ose a softwarovému vybavení stroje funkcí helikálního frézování je možno vyrobit velký otvor či kapsu bez závislosti na velikosti nástroje.

Pomocí W osy je zajištěn horizontální pohyb protivřetene osazeného sklíčidlem, který umožňuje nepřerušovaný obráběcí cyklus předání obrobku z levého sklíčidla do pravého sklíčidla ve stroji. Tato funkce je využívána při výrobě oboustranných mosazných klecí řady EMH.

Frézovací hlava osazená upínacím systémem HSK 63 A je vybavena B osou, která umožňuje vyklopení obráběcí hlavy v rozsahu 225°. Toto je využito při vrtání kapes Ms klecí pod úhlem.

Sklíčidla jsou řízena za pomoci C osy. Díky tomu sklíčidla fungují jako děličky a umožňují pootáčet sklíčidlem o určitý úhel. Pomocí synchronizace obou sklíčidel je možno přesně napolohovat předání obrobku do protivřetene.



Obrázek 18: *MULTUS B400-W*

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY:

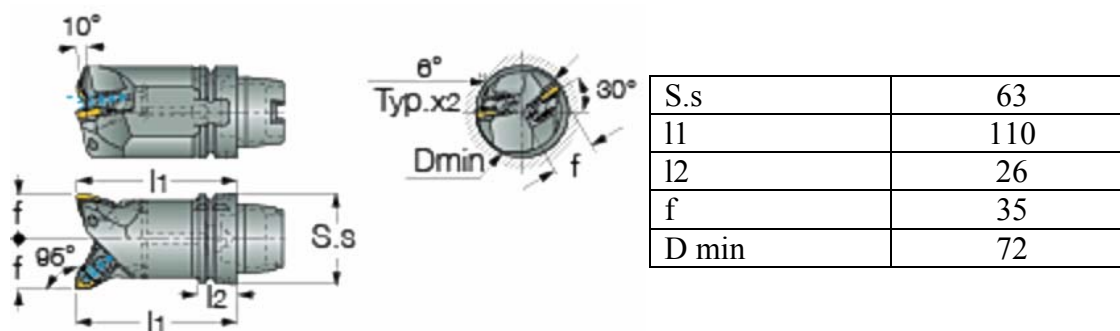
max. Ø obrobku k soustružení:	700 mm
max. Ø obrobku s využitím všech os:	550 mm
vzdálenost mezi sklíčidly:	1400 mm
max. otáčky hlavního vřetene:	3800 ot/min
max. otáčky protějšího vřetene:	2800 ot/min
max. otáčky frézovacího vřetene:	6000 ot/min
zásobník nástrojů:	85 ks

4.2.2 Použité nástroje

Stěžejním dodavatelem obráběcích nástrojů pro stroj MULTUS B400-W se stala izraelská firma ISCAR, která kompletně vybavila stroj upínačem a držáky na všechny typy možných obráběcích nástrojů. Pilotním představitelem soustružnických operací je multifunkční nástroj HSK A63WH MULRH/L-J12MWX2, který má dvě řezné destičky (hrubovací a dokončovací) a díky softwarovému vybavení stroje lze multifunkční nástroj natočit do čtyřadvaceti řezných poloh. To znamená, že vyrobíme otvor i povrch obrobku jedním nástrojem.

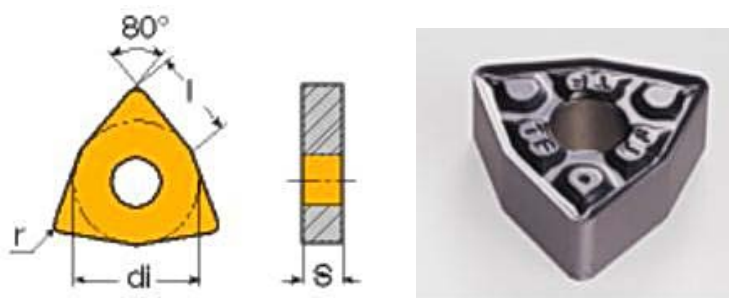
Výroba kapes je zajištěna monolitními frézami ze SK, anebo frézami s VBD. Výhoda je vysoká životnost a možnost využití vysokých řezných rychlostí, které nám stroj Multus umožňuje. Upnutí fréz do stroje je za pomoci upínacího systému HSK A-MAXIN – BIN od firmy ISCAR. Umožňuje 10000 ot/min. Tento upínací systém funguje na podobném principu jako hydroupínání s vysokou přesností a tuhostí upnutí.

- Multifunkční držák HSK A63WH MULRH/L-J12MWX2



Obrázek 19: Držák VBD [4]

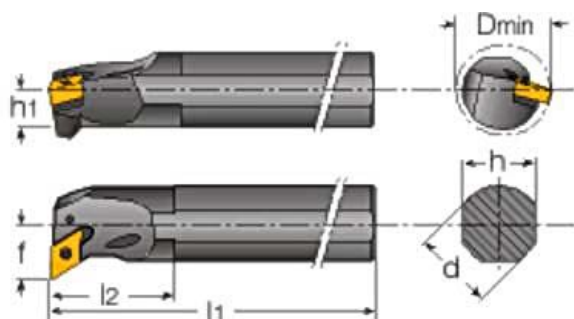
Na multifunkční držák se používají dva typy břitových destiček. První typ WNMG 080412-TF pro hrubování a druhý typ WNMG 080404-TF pro dokončování.



Obrázek 20: Tvar VBD [4]

Typ WNMG 080412-TF		Typ WNMG 080404-TF	
l	8,7	L	8,7
di	12,7	Di	12,7
S	4,76	S	4,76
r	1,2	R	0,4
ft [min]	0,15	ft [min]	0,12
ft [max]	0,4	ft [max]	0,35
Ap [min]	1,5	Ap [min]	1
Ap [max]	4,5	Ap [max]	4
Jakost	IC907	Jakost	IC807

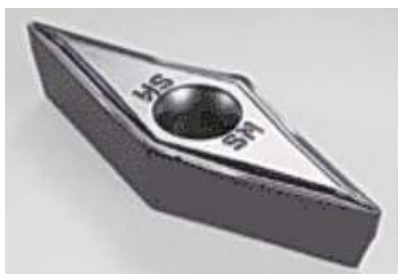
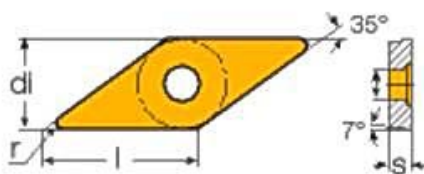
- Soustružnický nůž s páčkovým upínáním A25R PDUNR-11 k soustružení děr



d	25
l1	200
l2	40
h	23,9
h1	11,7
f	17
D min	32

Obrázek 21: Držák VBD [4]

Na nůž s páčkovým upínáním se používá destička VCMT 160404-SM

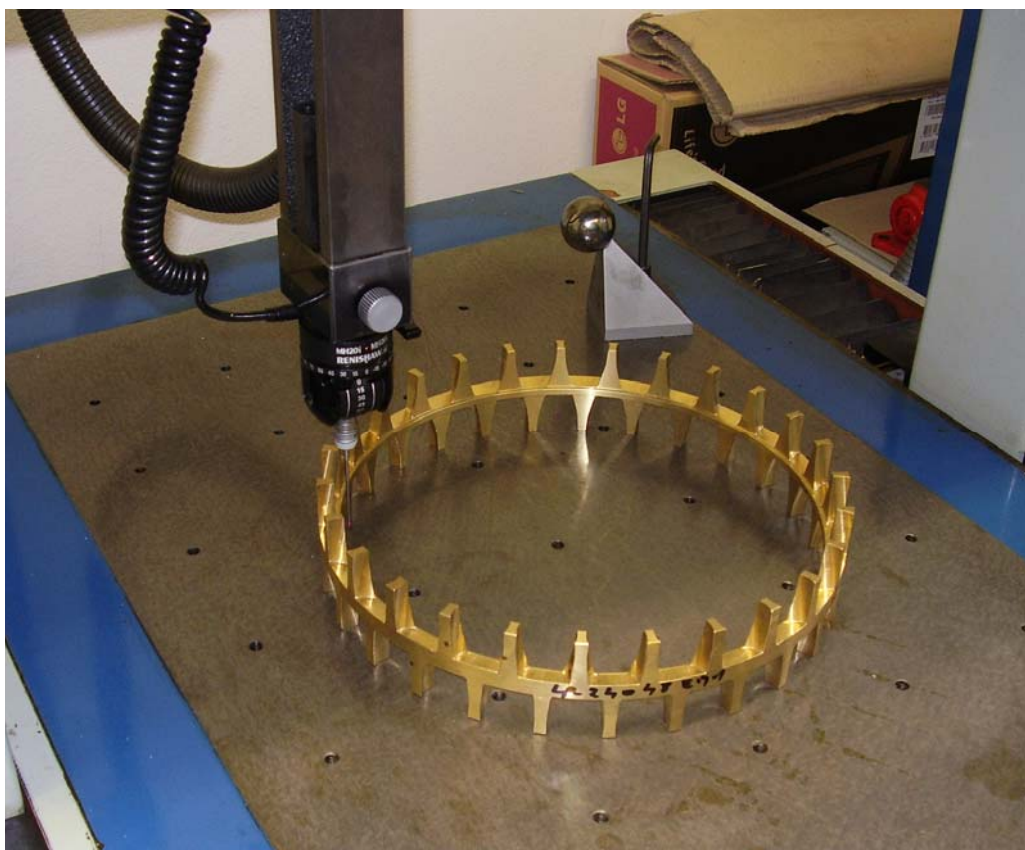


Obrázek 22: Tvar VBD [4]

l	16,6
di	9,52
S	4,76
r	0,4
d1	4,4
ft [min]	0,05
ft [max]	0,25
Ap [min]	0,5
Ap [max]	2,5
Jakost	IC807

4.2.3 Použitá měřidla

Vyrobená součást je měřena na 3D měřidle značky SOMET (obr. 22). Je změřen první vyrobený kus a následně každý desátý kus z vyráběné série a poslední závěrečný kus. Tudiž nemusí být nakupovány drahé speciální nástroje. V investičním plánu na rok 2010 je zahrnut nákup 3D sondy plus software přímo do stroje a bude docházet k tzv. přímému odměřování ve stroji a bude součástí obráběcího cyklu.



Obrázek 23: 3D měření na přístroji SOMET

4.2.4 Technologický postup

Dle nové technologie je strojní čas potřebný na obrobení celé mosazné klece 28 minut. Technologický postup viz. příloha 2.



5 Diskuze o experimentu

V prováděném experimentu jsem porovnával celkové náklady na výrobu 1000 ks, jak u stávající technologie, tak u technologie nové. Série u stávající technologie vyjde na 861 562 Kč. Výroba na nové technologii vyjde na 565 280 Kč. U nové technologie dojde k úspoře finanční a to ve výši 296 282 Kč. Z hlediska časového je výroba na nové technologii asi o 310 % rychlejší. Z tohoto důvodu se zvedne i produktivita práce.

Dále se zabývám úsporou finančních nákladů na nové technologii a to u operace frézování, kde se testovali tři různé frézovací nástroje. Byly porovnány se současnou frézou, kterou se vyrábí na nové technologii. Náklady na frézu porovnávanou pro 1000 kusů výrobků činily 38 520 Kč. Jedná se o nepovlakovanou monolitní frézu ze SK. Trvanlivost frézy byla 25 ks hotových výrobků, z toho plyne časté broušení a vysoké časy na výměnu nástroje. Prvním zkoušeným typem byla vyměnitelná frézovací hlavička, její trvanlivost dosahovala 30 obrobených kusů. Náklady na 1000 kusovou výrobu činily 42 500 Kč, z toho plyne, že fréza byla nevyhovující, protože nákladnost byla vyšší než současný stav. Druhým typem zkoušené frézy byla fréza s VBD její náklady na výrobu 1000 kusů činily 24 580 Kč, tyto náklady se jeví jako vyhovující, ale přinášely jeden zásadní problém, a to že díky rádiusu špičky vznikaly na krajích velké otřepy. Také fréza s VBD byla nakonec vyhodnocena jako nevyhovující. Třetím zkoušeným typem byla monolitní fréza z SK, její náklady na výrobu činili 32 288 Kč. I když se zdála díky svým vysokým pořizovacím nákladům, jako nevyhovující. Byla zvolena jako vhodná a to díky nejvyššímu obrobenému počtu kusů, který dosahoval 75 ks na jedno ostření. Tato fréza dosahovala svých vlastností díky povlaku Alwin, který zajišťuje firma SHM Šumperk, s.r.o. Tato fréza byla zvolena nakonec jako výchozí nástroj pro obrábění kapes mosazných klecí valivých ložisek. Sice náklady na nástroje klesly o nepatrnou částku, ale jakost obrobené plochy splňovala požadavky, kterých chtěla firma docílit.



6 Technicko ekonomické zhodnocení

V této části práce jsem porovnal výrobu stávající technologií s technologií novou a to z hlediska nákladů a hlediska časového. Do nákladů jsem nezahrnul cenu polotovaru, protože obě technologie jsou porovnávány pro 1000 kusovou sérii.

Dalším požadavkem, bylo porovnat z hlediska nákladů, frézovací nástroje u nové technologie. Do nákladů byly zahrnuté pouze závislé náklady. A to z důvodu, že všechny porovnávané varianty fréz jsou zkoušeny na jednom stroji za stejných řezných podmínek. A tedy doba seřízení se v podstatě neliší nebo minimálně.

Při výpočtech jsem použil hodnoty, které jsem získal od ekonomického ředitele firmy ZKL Hanušovice, a.s. pro novou technologii. A hodnoty ke stávající technologii od zaměstnanců, kteří obsluhují stávající stroje. Hodnoty trvanlivosti nástrojů byli, vzaty od dvou na sobě nezávislých pracovníků a vyděleny dvěma.

6.1 Stávající technologie

6.1.1 Náklady na nástroje

Na soustružnické operace se používají 4 druhy soustružnických nožů, každý má svou specifikaci a jinou trvanlivosti, takže každý nůž je počítaný zvlášť. Jedná se o nože s pájenou destičkou ze SK, které se musí po otupení přebrousit a dají se znovu použít. Pro frézovací operace je použit pouze jeden nástroj, jedná se o monolitní frézu i tato fréza se po otupení dá přebrousit a znovu použít. Náklady na broušení nástrojů jsou do výpočtu také zahrnuté. Trvanlivosti nástrojů dle získaných informací.

Soustružnické nástroje:

- série 1000 kusů výrobků
- počet broušení = $\frac{\text{série}}{\text{trvanlivost}}$



Typ nože	Trvanlivost [ks]	Cena [Kč]	Počet broušení
Ubírací stranový	12	114	83,3 => 84
Ubírací čelní	15	122	66,6 => 67
Hladicí	30	93	33,3 => 34
Vnitřní ubírací	14	146	71,4 => 72

Tabulka 1: Soustružnické nože

Každý nůž vydrží přibližně 30 broušení. Na výrobu 1000 kusů budeme potřebovat 3 nože stranové, 3 nože čelní, 2 nože hladicí a 3 nože vnitřní. Počet nožů plyne z počtu broušení děleno 30.

Náklady na jedno broušení:

- doba broušení jednoho nože je přibližně 5 minut
- mzda brusiče 120 Kč/h
- režie 600%

$$\text{Náklady} = \frac{\text{doba_broušení}}{60} \cdot \text{mzda} \cdot \frac{\text{režie}}{100}$$

$$\text{Náklady} = \frac{5}{60} \cdot 120 \cdot \frac{600}{100}$$

$$\text{Náklady} = 60 \text{ Kč/1 broušení}$$

Konečné náklady na soustružnické nástroje:

Náklady = (cena prvního nože · počet nožů + náklady na jedno broušení · počet broušení)
+ ... + (cena čtvrtého nože · počet nožů + náklady na jedno broušení · počet broušení)

$$\text{Náklady} = (114 \cdot 3 + 60 \cdot 84) + (122 \cdot 3 + 60 \cdot 67) + (93 \cdot 2 + 60 \cdot 34) + (146 \cdot 3 + 60 \cdot 72)$$

$$\text{Náklady} = 16\,752 \text{ Kč/1000 ks}$$

Frézovací nástroj:

Typ	Trvanlivost [ks]	Cena [Kč]	Počet broušení
Monolitní fréza	10	8500	100

Náklady na jedno broušení:

- doba broušení frézy je přibližně 30 minut
- mzda brusiče 120 Kč/h
- režie 600%



$$\text{Náklady} = \frac{\text{doba}_{\text{broušení}}}{60} \cdot \text{mzda} \cdot \frac{\text{režie}}{100}$$

$$\text{Náklady} = \frac{30}{60} \cdot 120 \cdot \frac{600}{100}$$

$$\text{Náklady} = 360 \text{ Kč/1 broušení}$$

Konečné náklady na frézovací nástroj:

$$\text{Náklady} = \text{cena nástroje} + \text{počet broušení} \cdot \text{cena broušení}$$

$$\text{Náklady} = 8500 + 100 \cdot 360$$

$$\text{Náklady} = 44\,500 \text{ Kč/1000 ks}$$

Celkové náklady na nástroje

$$\text{Celkem} = \text{konečné náklady na soustružnické nože} + \text{konečné náklady na frézovací nástroj}$$

$$\text{Celkem} = 16\,752 + 44\,500$$

$$\text{Celkem} = 61\,252 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na použité nástroje u stávající technologie činní 61 252 Kč, náklady na jeden kus jsou tedy přibližně 61,3 Kč.

6.1.2 Výrobní náklady

Zde počítám náklady na přímé mzdy obsluhy pouze ze strojního jednotkového času. A náklady na provoz stroje. Jelikož se mosazná klec vyrábí soustružením a pak frézováním, musíme počítat výrobní náklady pro každý stroj zvlášť a pak náklady sečíst.

Soustružení:

Vstupní hodnoty (dle získaných informací):

M_{tAc}	= 68,3 Kč/hod	– mzdový tarif obsluhy
R	= 420 %	– režie
N_{hs}	= 213 Kč/hod	– náklady na hodinu provozu stroje
t_{AS1}	= 8,5 min	– strojní čas 1. operace na soustruh
t_{AS2}	= 6 min	– strojní čas 2. operace na soustruh
t_{AS3}	= 13 min	– strojní čas 3. operace na soustruh
t_{AS4}	= 3 min	– strojní čas 4. operace na soustruh



Jednotkový čas s podílem směnového času t_{AC} soustruhu

$$t_{AC} = t_{AS1} + t_{AS2} + t_{AS3} + t_{AS4}$$

$$t_{AC} = 8,5 + 6 + 13 + 3$$

$$t_{AC} = 30,5 \text{ min}$$

a) Náklady na přímé mzdy obsluhy včetně režie:

$$Nm_{AC} = t_{AC} \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot \frac{M_{tAC}}{60}$$

$$Nm_{AC} = 30,5 \cdot \left(1 + \frac{420}{100}\right) \cdot \frac{68,3}{60}$$

$$Nm_{AC} = 180,53 \text{ Kč} / ks$$

b) Náklady na provoz stroje:

$$N_{psAC} = \frac{t_{AC}}{60} \cdot N_{hs}$$

$$N_{psAC} = \frac{30,5}{60} \cdot 213$$

$$N_{psAC} = 108,275 \text{ Kč} / ks$$

c) Výrobní náklady na kus:

$$N_{zd} = N_{mAC} + N_{psAC}$$

$$N_{zd} = 180,53 + 108,275$$

$$N_{zd} = 288,8 \text{ Kč} / ks$$

Frézování:

Vstupní hodnoty (dle získaných informací):

$M_{tAc} = 68,3 \text{ Kč/hod}$ – mzdový tarif obsluhy

$R = 420 \%$ – režie

$N_{hs} = 189 \text{ Kč/hod}$ – náklady na hodinu provozu stroje

$t_{AS1} = 28,2 \text{ min}$ – strojní čas 1. operace na vyvrtávačce

$t_{AS2} = 28,2 \text{ min}$ – strojní čas 2. operace na vyvrtávačce



Jednotkový čas s podílem směnového času t_{AC} soustruhu

$$t_{AC} = t_{AS1} + t_{AS2}$$

$$t_{AC} = 28,2 + 28,2$$

$$t_{AC} = 56,4 \text{ min}$$

a) Náklady na přímé mzdy obsluhy včetně režie:

$$Nm_{AC} = t_{AC} \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot \frac{M_{tAC}}{60}$$

$$Nm_{AC} = 56,4 \cdot \left(1 + \frac{420}{100}\right) \cdot \frac{68,3}{60}$$

$$Nm_{AC} = 333,85 \text{ Kč / ks}$$

b) Náklady na provoz stroje:

$$N_{psAC} = \frac{t_{AC}}{60} \cdot N_{hs}$$

$$N_{psAC} = \frac{56,4}{60} \cdot 189$$

$$N_{psAC} = 177,66 \text{ Kč / ks}$$

c) Výrobní náklady na kus:

$$N_{zd} = N_{mAC} + N_{psAC}$$

$$N_{zd} = 333,85 + 177,66$$

$$N_{zd} = 511,51 \text{ Kč / ks}$$

Celkové výrobní náklady

Celkem = výrobní náklady soustružení + výrobní náklady frézování

$$\text{Celkem} = 288,8 + 511,51$$

$$\text{Celkem} = 800,31 \text{ Kč / ks}$$

6.1.3 Konečné náklady na výrobu 1000 kusů mosazných klecí

Náklady konečné = (celkové náklady na nástroje + celkové výrobní náklady) · 1000

$$\text{Náklady konečné} = (61,252 + 800,31) \cdot 1000$$

$$\text{Náklady konečné} = \mathbf{861\ 562\ Kč}$$

Celkové náklady na vyrobení série 1000 ks, dle stávající technologie činní 861 562 Kč.



6.2 Náklady nová technologie

6.2.1 Náklady na nástroje

U nové technologie jsou používány VBD, které jsou upevněné v držácích přímo určených pro každý typ používaných VBD. Fréza se používá monolitní ze SK.

Náklady počítám pro 1000 ks obrobených mosazných klecí

Hrubování obvodu a čela:

Počet obrobených ks na jeden břit – 70 ks

Počet použitelných břitů na VBD – 6 břitů

Náklady na držák 11 000 Kč

Cena VBD – 245 Kč

Hrubování otvorů:

Počet obrobených ks na jeden břit – 40 ks

Počet použitelných břitů na VBD – 2 břity

Náklady na držák 7 500 Kč

Cena VBD – 210 Kč

Dokončování:

Počet obrobených ks na jeden břit – 100 ks.

Počet použitelných břitů na VBD – 6 břitů

Cena VBD – 245 Kč

Frézování kapes:

Počet obrobených kusů na jedno ostření – 25

Pořizovací cena frézy – 13 500 Kč

Cena broušení – 963 Kč



$$\text{Náklady 1} = \frac{\text{Poč}_{\text{obrobených}_{\text{ks}}}}{\text{početbři} \times \text{poč.obrob.ks.na}_{\text{bři}}} \times \text{cenaVBD} = \frac{1000}{6 \times 70} \times 245 = 583,3 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 2} = \frac{\text{Poč}_{\text{obrobených}_{\text{ks}}}}{\text{početbři} \times \text{poč.obrob.ks.na}_{\text{bři}}} \times \text{cenaVBD} = \frac{1000}{2 \times 40} \times 210 = 2625 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 3} = \frac{\text{Poč}_{\text{obrobených}_{\text{ks}}}}{\text{početbři} \times \text{poč.obrob.ks.na}_{\text{bři}}} \times \text{cenaVBD} = \frac{1000}{6 \times 100} \times 245 = 408,3 \text{ Kč}$$

$$\text{Náklady 4} = \frac{\text{Poč}_{\text{obrobených}_{\text{ks}}}}{\text{počoč}_{\text{obr.ks}_{\text{na}_{\text{bři}}}}} \times \text{cena}_{\text{broušení}} = \frac{1000}{25} \times 963 = 38\,520 \text{ Kč}$$

Náklady = Náklady 1 + Náklady 2 + Náklady 3 + Náklady 4 + Cena držáku VBD 1 + Cena držáku VBD 2 + cena frézy

$$\text{Náklady} = 583,3 + 408,3 + 38\,520 + 11\,000 + 7\,500 + 13\,500$$

$$\text{Náklady} = \mathbf{71\,511,6 \text{ Kč}}$$

Náklady na nákup VBD, držáků a frézy, pro 1000 vyrobených kusů činní **71 511,6Kč**.

6.2.2 Výrobní náklady

Zde počítám náklady na přímé mzdy obsluhy pouze ze strojního jednotkového času. A náklady na provoz stroje. Do obráběcího centra je vložen polotovar a na konci obráběcího cyklu je výrobek hotov.

Vstupní hodnoty (dle získaných informací):

$$M_{tAc} = 72,7 \text{ Kč/hod} \quad - \text{mzdový tarif obsluhy}$$

$$R = 420 \% \quad - \text{režie}$$

$$N_{hs} = 680 \text{ Kč/hod} \quad - \text{náklady na hodinu provozu stroje}$$

$$t_{AS1} = 28 \text{ min} \quad - \text{strojní čas pracovního cyklu obráběcího centra}$$

Jednotkový čas s podílem směnového času t_{AC} obráběcího centra

$$t_{AC} = t_{AS1}$$

$$t_{AC} = 28 \text{ min}$$



a) Náklady na přímé mzdy obsluhy včetně režie:

$$Nm_{AC} = t_{AC} \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot \frac{M_{tAC}}{60}$$

$$Nm_{AC} = 28 \cdot \left(1 + \frac{420}{100}\right) \cdot \frac{72,7}{60}$$

$$Nm_{AC} = 176,42 \text{ Kč} / ks$$

b) Náklady na provoz stroje:

$$N_{psAC} = \frac{t_{AC}}{60} \cdot N_{hs}$$

$$N_{psAC} = \frac{28}{60} \cdot 680$$

$$N_{psAC} = 317,35 \text{ Kč} / ks$$

c) Výrobní náklady na kus:

$$N_{zd} = N_{mAC} + N_{psAC}$$

$$N_{zd} = 176,42 + 317,35$$

$$N_{zd} = 493,77 \text{ Kč} / ks$$

6.2.3 Konečné náklady na výrobu 1000 kusů mosazných klecí

Náklady konečné = (celkové náklady na nástroje + celkové výrobní náklady) · 1000

Náklady konečné = (71,51 + 493,77) · 1000

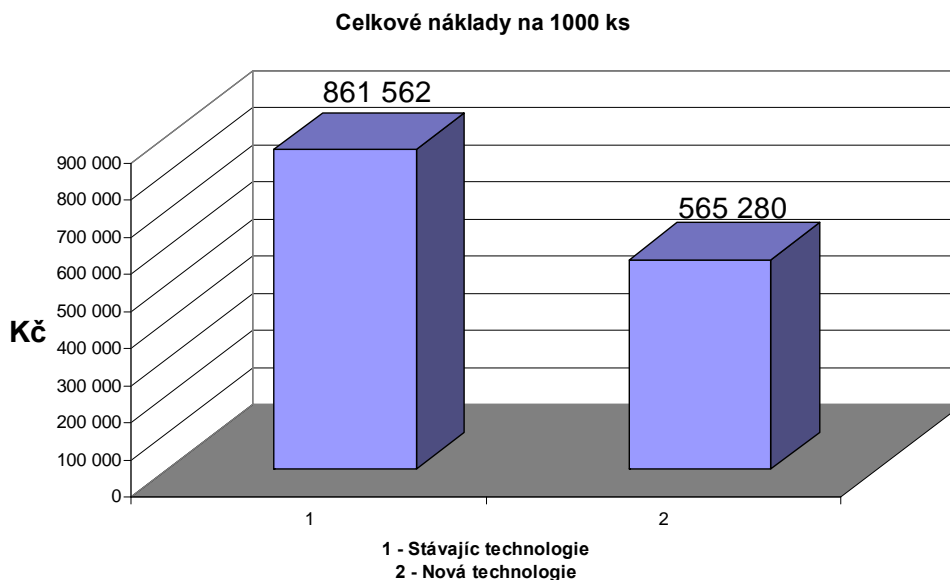
Náklady konečné = **565 280 Kč**

Celkové náklady na vyrobení série 1000 ks, dle nové technologie činní **565 280 Kč**.

6.3 Celkové porovnání nákladů

Celkové porovnání nákladů na vyrobení 1000 ks mosazných klecí valivých ložisek.

Porovnání nákladů stávající technologie s technologií novou viz graf 1.



Graf 1: Celkové náklady

6.4 Porovnání fréz na frézování kapes klecí

Byl proveden test tří frézovacích nástrojů, tento test byl porovnán s používaným nástrojem na nové technologii. Dle testu by se měli ještě více zlevnit náklady na frézovací nástroje.

6.4.1 První navrhovaná varianta

Jedná se o vyměnitelnou hlavičku ze SK, vyrábí Izraelská firma Iscar a je značená jako MULTI-MASTER. Hlavička se dá přebrousit a přepovlakovat, ale nevyplatí se. Je to nevýhodné, protože výdaje na broušení a přepovlakování převyšují pořizovací náklady nové vyměnitelné hlavičky.

Série: 1000 ks

Pořizovací cena: 1250 Kč

Počet obrobených kusů: 30 ks

Počet potřebných hlaviček pro 1000 kusů mosazných klecí = série/počet obrobených kusů
= $1000/30 = 33,3 \Rightarrow 34$ ks hlaviček.



Náklady = počet potřebných hlaviček · pořizovací cena

Náklady = 34 · 1250

Náklady = 42 500 Kč

6.4.2 Druhá navrhovaná varianta

Jedná se o frézu s vyměnitelnými břitovými destičkami. Pořizovací cena držáku je 2500 Kč. Cena držáku je zahrnuta to nákladů.

Série: 1000 ks

Pořizovací cena držáku: 2500 Kč

Počet potřebných VBD: 6 ks

Cena VBD: 160 Kč

Cena jedné výměny: 960 Kč

Počet břitů VBD: 2 břity

Počet obrobených kusů na břit: 22 ks

Počet výměn VBD pro 1000 kusů mosazných klecí = [série/(počet obrobených kusů na břit · počet břitů) = 1000/(22 · 2) = 22,7 => 23 výměn.

Náklady = (počet výměn VBD · cena jedné výměny) + pořizovací cena držáku

Náklady = (23 · 960) + 2500

Náklady = 24 580 Kč

6.4.3 Třetí navrhovaná varianta

Jedná se o monolitní povlakovanou frézu ze SK, dodavatelem je firma Rotana Velké Meziříčí, a.s. Fréza se nechává přebrousit a přepovlakovat v Šumperské firmě SHM, s.r.o. Přepovlakování a přebroušení jedné frézy vyjde přibližně na 1342 Kč.

Série: 1000 ks

Pořizovací cena: 13 500 Kč

Počet obrobených kusů: 75 ks

Cena přebroušení a přepovlakování: 1342 Kč

Počet přebroušení = série/počet obrobených kusů = 1000 / 75 = 13,3 => 14 broušení



Náklady = pořizovací cena + počet přebroušení · cena přebroušení a přepovlakování

Náklady = 13 500 + 14 · 1342

Náklady = 32 288 Kč



Graf č. 2



7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo porovnat stávající technologii výroby mosazných klecí valivých ložisek, se stavem novým. A to z hlediska finančního a časového. Jako počáteční krok chtěla firma porovnat náklady spojené s výrobou stávající technologií. Tyto náklady převyšovali skoro o 300 000 Kč oproti technologii nové. A z hlediska časového byla nová technologie o 310 % produktivnější. Z hlediska přesnosti, jakosti obrobeného povrchu a požadovaným výkresovým tolerancím jsme dosáhli požadovaných vlastností. Těchto vlastností na konvenčních strojích již nejde dosahovat, a to z důvodu opotřebení suportů.

Dále bylo požadavkem firmy odzkoušet a porovnat tři typy frézovacích nástrojů. Testy proběhly za plného provozu. Jako nejlepší se ukázala monolitní fréza ze SK od firmy Rotana Velké Meziříčí, a.s. Fréza byla přebrušována a přepovlakována ve firmě SHM, s.r.o. Díky povlaku dosahovala fréza požadovaných vlastností na obrobené plochy a byla firmě doporučena jako nejvhodnější frézovací nástroj.



Poděkování

Na závěr bych chtěl poděkovat firmě ZKL Hanušovice, a.s. za umožnění zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům firmy za poskytnuté cenné informace a panu Ing. Jiřímu Záluskému, konzultantovi bakalářské práce, za pomoc při zpracování. Také bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za poskytnuté rady při zpracování bakalářské práce.



Seznam použité literatury

- [1] ZKL Hanušovice, a.s. *O společnosti* [ONLINE]. [cit. 2010-03-12].
Dostupné z: <<http://www.zklhan.cz>>
- [2] Hoffmann Group, *The Quality Company* [ONLINE]. [cit. 2010-04-02].
Dostupné z: < <http://www.hoffmann-group.com/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf>>
- [3] Denas Děčín, spol. s.r.o. [ONLINE]. c2008, [cit. 2010-04-28].
Dostupné z: < <http://www.denasdc.cz>>
- [4] Iscar ČR s.r.o. *Nástroje pro obrábění kovů* [ONLINE]. c2010, [cit. 2010-05-10].
Dostupné z: < <http://www.iscar.cz>>
- [5] KOČMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Brno, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [6] ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie neželezných slitin*. Brno, 2004. ISBN 80-214-2790-6.
- [7] SEDLÁČEK, Vladimír. *Neželezné kovy a slitiny*. Praha, 1979.
- [8] VIGNER, Miloslav; PŘIKRYL Zdeněk. *Obrábění*. Praha, 1984.